

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Mai 2002 (16.05.2002)

PCT

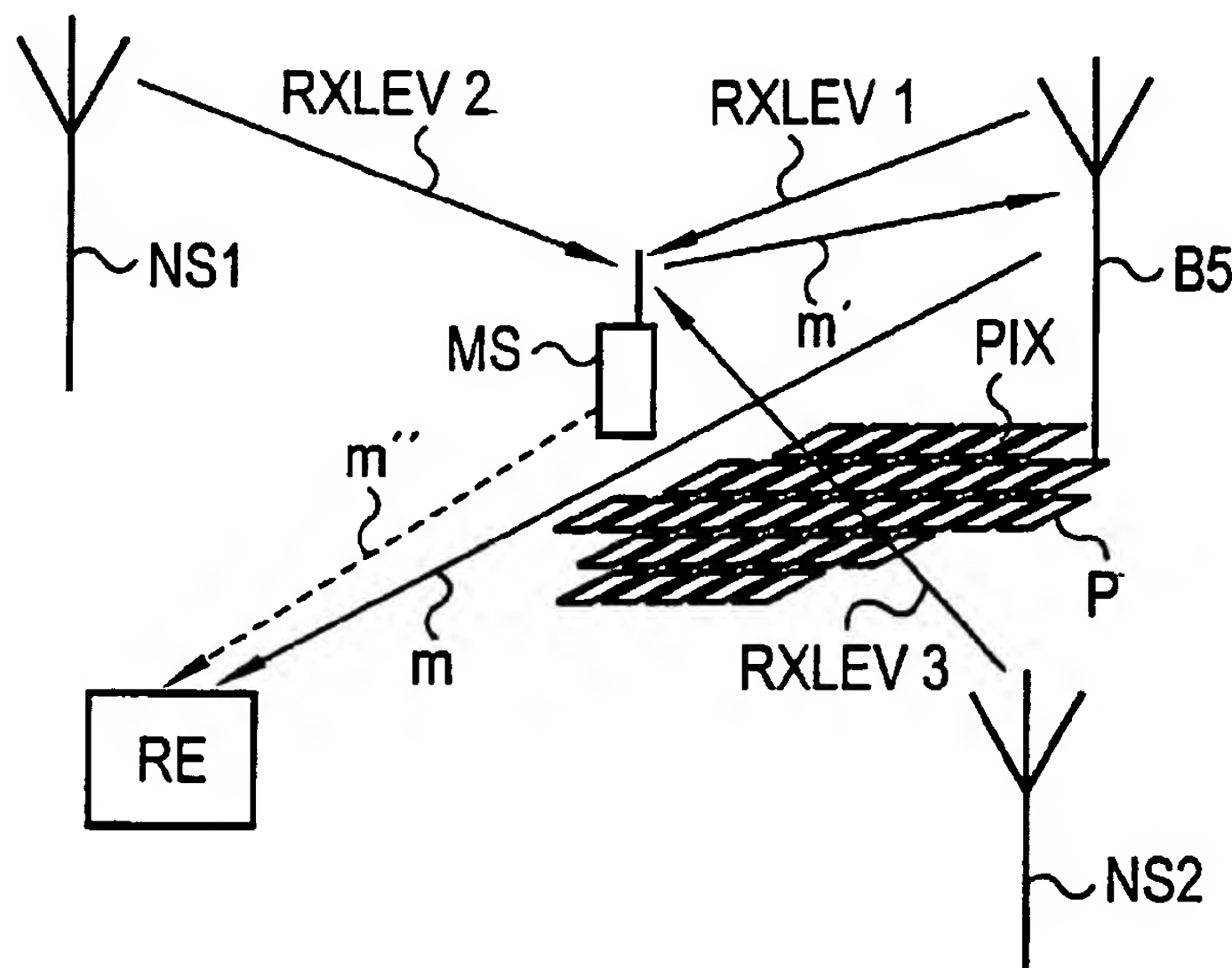
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/39773 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04Q 7/38**,
G01S 5/14
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MAJEWSKI, Kurt**
[DE/DE]; Asamstrasse 10, 81541 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04254
- (22) Internationales Anmeldedatum:
13. November 2001 (13.11.2001)
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (81) Bestimmungsstaat (national): US.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (30) Angaben zur Priorität:
100 56 222.1 13. November 2000 (13.11.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TRAFFIC LOCALISATION IN A CELLULAR MOBILE RADIO NETWORK

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR VERKEHRSLOKALISIERUNG IN EINEM ZELLULÄREN MOBILFUNKNETZ



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for traffic localisation in a cellular mobile radio network, using a perturbation model, a customer model and an expectancy maximisation for the determination of observation and transformation probabilities for a hidden Markov model, in order to determine the probability that a particular customer is transmitting a message from a particular pixel. By means of said hidden Markov model the most probable paths of one or more customers may be determined.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/39773 A1

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht

- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Der Anmeldungsgegenstand betrifft Verfahren und Vorrichtung zur Verkehrslokalisierung in einem zellulären Mobilfunknetz, bei dem mit Hilfe eines Störungsmodells, eines Kundenmodells und einer Erwartungsmaximierung, wodurch Beobachtungs- und Übergangswahrscheinlichkeiten für ein Hidden-Markov-Modell ermittelt werden, um die Wahrscheinlichkeit, mit der ein bestimmter Kunde einen Bericht von einem bestimmten Pixel aus sendet, zu ermitteln. Ausgehend von diesem Hidden-Markov-Modell können auch höchstwahrscheinliche Pfade eines oder mehrerer Kunden ermittelt werden.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Verkehrslokalisierung in einem zellulären Mobilfunknetz

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verkehrslokalisierung in einem zellulären Mobilfunknetz, bei dem mindestens eine Mobilstation, mindestens eine bedienende Basisstation und Nachbarbasisstationen vorhanden sind, wobei mindestens
10 eine Sequenz aufeinanderfolgender Berichte mit Empfangsstärken an eine Recheneinheit gemeldet werden und wobei ein zu bedienender Bereich in Rasterzellen unterteilt ist.

Ein derartiges Verfahren ist aus der internationalen Anmeldung WO 98/15149 bekannt.
15

Prinzipiell kann eine genaue Lokalisierung beispielsweise durch einen im Mobilteil vorhandenen GPS-Empfänger relativ genau erfolgen. Dies ist jedoch teuer und benötigt eine freie
20 Sicht zu drei Satelliten. Neben dem aufwendigeren Mobilteil sind auch größere Veränderungen in den Basisstationen erforderlich.

Die intrazelluläre Verkehrsverteilung in Mobilfunknetzen kann
25 nur indirekt beobachtet werden, indem man die von den Mobilstationen gemessenen RXLEV- und unter Umständen TA-Werte (timing advance) sammelt. Die RXLEV-Werte sind eine Anzahl von codierten Empfangsstärken der Basisstation und der nächsten Nachbarstationen, die für einen sogenannten Handover in Frage
30 kommen. Die TA-Werte entsprechen der zeitlichen Verzögerung mit der die Bursts an der Basisstation empfangen werden und hängen von der Entfernung des Mobilteils von der Basisstation ab. Diese RXLEV-Werte und unter Umständen auch die TA-Werte sind jedoch wegen Fading- und Shadowing-Effekten stark ver-
35 rauscht.

In den IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 48, No. 5, Sept. 1999, Seiten 1558-1562 sind einige Methoden, zum Beispiel Kalmanfilter, Neuronale Netzwerke oder Mustererkennungsverfahren auf der Basis von Hidden-Markov-Modellen als
5 prinzipielle Lösungsansätze bei komplizierten Umgebungsbedingungen mit Shadowing usw. erwähnt.

Die nun zugrunde liegende Aufgabe besteht nun darin, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung anzugeben, bei dem/der, auch bei
10 starken Störungen durch Fading und Shadowing, eine schnelle und vor allem eine genauere Lokalisierung der einzelnen Mobilstation und damit eine bessere und effizientere Analyse des Kundenverhaltens insgesamt möglich ist.

15 Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 oder des Patentanspruchs 6 und hinsichtlich der Vorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 10 oder 11 erreicht.

20 Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung liegt in seiner hohen Auflösung, die bei Simulationen zwischen 20m und 100m lag. Die Erfindung eignet sich vor allem auch für niedrige Ge-
25 schwindigkeiten, wie sie beispielsweise bei Fußgängern auftreten, oder für Bewegungen mit relativ geringer Distanz.

Die Erfindung weist insbesondere beim Auffinden von sogenannten „hot spots“ in der Verkehrsverteilung Vorteile auf, da
30 automatisch mehrere Kundenpfade überlagert werden und eine Tendenz besteht, daß Kunden an typischen Kundenpfaden gesammelt werden.

Die Grundidee der Erfindung besteht darin, eine Mobilfunkzelle in Rasterzellen zu unterteilen, ein Störmodell auf der Basis einer approximierten Gaußverteilung mit Korrelationen zu
35

verwenden, um die Unterschiede, aufgrund von Fading und Shadowing, zwischen dem berichteten und vorhergesagten Feldstärken zu modellieren, ein Hidden-Markov-Modell für die Rasterzellen anzugeben, das die Bewegungen der Mobilfunkteilnehmer bzw. der Kunden beschreibt und die Übergangswahrscheinlichkeiten des Hidden-Markov-Modells dadurch zu ermitteln, dass der Erwartungswert der berichteten Feldstärken maximiert wird. Die stationäre Verkehrsverteilung kann aus den Übergangswahrscheinlichkeiten des Hidden-Markov-Modells errechnet werden.

Aus den Übergangswahrscheinlichkeiten des Markov-Modells und den Beobachtungswahrscheinlichkeiten des Störmodells kann aus einer Sequenz von Berichten ein höchst wahrscheinlicher Pfad eines Mobilteilnehmers ermittelt werden.

Die Erfindung wird nun anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Dabei zeigt

Figur 1 eine Anordnung einer Mobilstation und mehreren Basisstationen zur Erläuterung der Erfindung und

Figur 2 einen Ausschnitt aus einer durch Rasterzellen unterteilten Mobilfunkzelle in Form von drei solchen Rasterzellen.

In Figur 1 ist eine Mobilstation MS, eine diese Mobilstation bedienende Basisstation BS sowie zwei zur Mobilstation nächstgelegene Basisstationen NS1 und NS2 dargestellt. Die Mobilstation MS misst Feldstärkewerte RXLEV1 der Basisstation BS Feldstärkewerte RXLEV2 der Station NS1 und Feldstärkewerte RXLEV3 der Station NS2 und meldet diese gemessene Feldstärkewerte zugeordnet zu den jeweiligen Basisstationen in Form ei-

ner Meldung m'' direkt an eine Recheneinheit RE oder alternativ in Form einer Meldung m' an eine Basisstation, z.B. die Basisstation BS, meldet, welche dann z. B. Meldungen sammelt, unter Umständen weitere Meßwerte hinzufügt und in Form einer Gesamtmeldung m an die Recheneinheit RE meldet. Diese Recheneinheit RE wird sich typischerweise in einer Basisstation befinden, kann aber auch in einer von den Basisstation räumlich getrennten Einheit oder sogar in einer mobilen Station vorhanden sein. Mindestens eine zu der bedienenden Basisstationen BS, gehörige Mobilfunkzelle ist durch ein Raster P mit einer Vielzahl von Raster oder Pixelzellen PIX weiter unterteilt. Die Größe einer solchen Rasterzelle liegt dabei typischerweise zwischen 10×10 m und 50×50 m, wobei dies beispielsweise davon abhängt, ob es sich um einen städtischen oder ländlichen Bereich handelt. Das Raster P bildet die Grundlage für ein Hidden-Markov-Model, das in der Recheneinheit RE implementiert ist.

In Figur 2 sind drei solcher Rasterzellen PIX am Beispiel von drei benachbarten Rasterzellen p_1 , p_2 und p_3 dargestellt. Zwischen diesen Rasterzellen sind Übergangswahrscheinlichkeiten u vorhanden, wobei zwischen p_1 und p_2 eine Übergangswahrscheinlichkeit u_{12} und zwischen den Zellen p_2 und p_3 eine Übergangswahrscheinlichkeit u_{23} vorhanden ist. Falls die Zelle p_1 die erste Zelle eines vom Mobilfunkteilnehmer beschrittenen Pfades darstellt, besteht eine Eingangswahrscheinlichkeit u_{01} zum Übergang auf die erste Zelle p_1 . In entsprechender Weise, wenn die Zelle p_3 eine letzte Zelle eines vom Mobilfunkteilnehmer beschrittenen Pfades darstellt, besteht für das Verlassen der Zelle p_3 eine Ausgangswahrscheinlichkeit u_{k0} . Darüber hinaus bestehen für jedes Pixel Beobachtungswahrscheinlichkeiten f , die zum Ausdruck bringen, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein bestimmter Bericht von der jeweiligen Rasterzelle stammt.

Die Beobachtungswahrscheinlichkeit $f_p(m) = 0$ für nicht in Frage kommende Pixel, weil z.B. der TA-Wert diese Pixel ausschließt, und berechnet sich sonst wie folgt:

$$5 \quad f_p(m) := \frac{1}{M} \exp\left(-x^T \cdot V^{-1} \cdot x / 2\right),$$

wobei der Vektor x und der transponierte Vektor x^T aus den Differenzen von berichteten Feldstärkewerten aus einem jeweiligen Bericht m und zugehörigen vorausgesagten Feldstärkewerten gebildet werden. Die Matrix V^{-1} ist das inverse einer Kovarianzmatrix V , die folgende Gestalt hat:

$$V = \begin{pmatrix} a+b & b & b \\ b & a+b & b \\ b & b & a+b \end{pmatrix}$$

15

wobei die Parameter a durch die physikalische Umgebung der jeweils betrachteten Basisstation und der Parameter b das physikalische Umfeld der Mobilstation berücksichtigt. Die Konstante M dient lediglich zur Normalisierung. Durch die oben genannten Gleichung wird ein Störungsmodell für Rasterzellen gebildet, mit dem für Rasterzellen aller relevanten Berichte Beobachtungswahrscheinlichkeiten f ermittelt werden.

Das Verhalten eines typischen Kundens oder Benutzers einer Mobilstation wird als Markov-Kette modelliert. Der Zustandsraum dieser Kette sind Rasterzellen oder Pixels eines Rasters P einer betrachteten Mobilfunkzelle und der spezielle Zustand Off. Der Kunde kann sich von einem Off-Zustand zu einem Rasterpixel, der einen beginnenden Anruf darstellt, bewegen. Der

bei einem Pixel befindliche Kunde kann bei diesem Pixel verbleiben, sich zu einem Nachbarpixel bewegen oder zu einem Off-Zustand, der das Ende eines Telefongesprächs anzeigt, zurückkehren. Normalerweise gibt es nur vier Nachbarpixel:

- 5 Nord, Ost, Süd und West. Falls sich die Mobilstation innerhalb einer Messzeit von bspw. 0,48 s weiter als die Größe eines Rasterelements bewegt, müssen mehr Nachbarpixel berücksichtigt werden. Dieses Modell basiert auf der Idee, dass jede Rasterzelle zu einem typischen Kundenverhalten gehört. Zum
10 Beispiel bewegen sich Mobilstationen innerhalb eines Büros oder Wohngebäudes relativ selten, innerhalb Fußgängerbereichen bewegen sich Mobilstationen bzw. Kunden relativ langsam zu Nachbarpixeln und auf Autostraßen bewegen sich Mobilstationen häufig zu bestimmten Nachbarpixeln in Abhängigkeit der
15 Richtung der Straße.

Ohne Vorwissen über das Kundenverhalten, abgesehen davon welche Pixel ausgehend von welchen Pixeln erreicht werden können, können aber zu Beginn Übergangswahrscheinlichkeiten wie
20 folgt angenommen werden:

1. $u_{p,q} := 1/(h+n)$, falls das Pixel q vom Pixel p während einer Messperiode erreicht werden kann und sonst $u_{p,q} = 0$.
- 25 2. $u_{p,off} := (h+n-n')/(h+n)$, für alle Pixel des Rasters, wobei n' die Zahl der Nachbarpixel von Pixel p ist.

3. $u_{off,p} = u_{p,off} / \sum_{p' \in P} u_{p',0}$ für alle Pixel des Rasters P und
 $u_{off,off} := 0$

30

n ist dabei die maximale Zahl von Pixeln, die von einem festgelegten Pixel aus erreicht werden kann und h kann beispielsweise 1 gewählt werden.

- 35 Die Übergangswahrscheinlichkeiten des Markov-Modells können durch "Training" aufgrund von Berichten der betrachteten Mo-

bilstationen verbessert bzw. den Verkehrsverhältnissen im Mobilfunknetz angepasst werden. Dabei wird ein Erwartungswert für die Berichte der beobachteten Kunden maximiert, das heißt der größte Wert für folgenden Ausdruck gesucht:

5

$$\sum_{\text{all possible } p_{i,j}} \prod_{\substack{\text{number of customer } n \\ \text{customers } i}} u_{p_{i,0}, p_{i,1}} \prod_{\substack{\text{path } i \text{ length } k \\ \text{reports } j}} f_{p_{i,j}}(m_{i,j}) u_{p_{i,j}, p_{i,j+1}}$$

Eine Variante des Baum-Welch-Algorithmus, der beispielsweise aus dem Buch von Geoffrey J. McLaughlan and Thriyambakam Krishnan mit dem Titel "The EM Algorithm and Extensions, Wiley series in probability and statistics, John Wiley and Sons, 1997, bekannt ist, löst dieses Erwartungswert-Maximierungswert-Problem auf besonders vorteilhafte Weise. Dieser Algorithmus versucht die Erwartung, dass der Kunde, welcher sich entsprechend der Markov-Kette verhält, unter den speziellen Fading-Bedingungen diese Berichte mit den Messwerten erzeugt. Dieser Algorithmus arbeitet iterativ. Er beginnt beispielsweise mit gleichförmig initialisierten Übergangswahrscheinlichkeiten. Das Ausgangsmodell korrespondiert mit der oben erwähnten Situation, wo noch kein Wissen über das Kundenverhalten vorhanden ist. Unter der Beschränkung, dass der Benutzer sich nur zu einem Nachbarpixel bewegen kann, berechnet der Algorithmus, welche Übergänge häufiger als andere sind, angezeigt durch Beobachtungswahrscheinlichkeiten $f_p(m)$ dass ein Report m von einem bestimmten Pixel p stammt. Die nächste Iteration basiert auf den neuen verbesserten Übergangswahrscheinlichkeiten.

Über den Baum-Welch-Algorithmus werden einige Zwischenvariablen wie folgt definiert:

30

$$\begin{aligned}
\alpha_{i,1}^{(k)}(p) &= u_{\theta,p}^{(k)} f_p(r_{i,1}), \\
\alpha_{i,j+1}^{(k)}(q) &= \left(\sum_{p \in P} \alpha_{i,j}^{(k)}(p) u_{p,q}^{(k)} \right) f_q(r_{i,j+1}) \\
\beta_{i,l(r_i)}^{(k)}(p) &= u_{p,\theta}^{(k)} f_p(r_{i,l(r_i)}), \\
\beta_{i,j}^{(k)}(p) &= \left(\sum_{q \in P} \beta_{i,j+1}^{(k)}(q) u_{p,q}^{(k)} \right) f_p(r_{i,j}) \\
\xi_{i,0}^{(k)}(\theta, p) &= \frac{u_{\theta,p}^{(k)} \beta_{i,1}^{(k)}(p)}{\sum_{p' \in P} u_{\theta,p'}^{(k)} \beta_{i,1}^{(k)}(p')} \\
\xi_{i,j}^{(k)}(p, q) &= \frac{\alpha_{i,j}^{(k)}(p) u_{p,q}^{(k)} \beta_{i,j+1}^{(k)}(q)}{\sum_{p' \in P} \sum_{q' \in P} \alpha_{i,j}^{(k)}(p') u_{p',q'}^{(k)} \beta_{i,j+1}^{(k)}(q')} \\
\xi_{i,j}^{(k)}(p, \theta) &:= 0 \\
\xi_{i,l(r_i)}^{(k)}(p, \theta) &:= \frac{\alpha_{i,l(r_i)}^{(k)}(p) u_{p,\theta}^{(k)}}{\sum_{p' \in P} \alpha_{i,l(r_i)}^{(k)}(p') u_{p',\theta}^{(k)}} \\
\xi_{i,l(r_i)}^{(k)}(p, q) &:= 0.
\end{aligned}$$

α bzw. β sind dabei Wahrscheinlichkeiten, dass der i -te Benutzer Messwerte $m_{i,1}, \dots, m_{i,j}$ bzw. $m_{i,j}, \dots, m_{i,l(r_i)}$ berichtet und sich in Pixel p befindet, wenn er einen j -ten Bericht sendet, wobei $l(r_i)$ die Nummer des letzten Berichts in der i -ten Sequenz darstellt. Der Buchstabe θ bedeutet den Off-Zustand. Die Variable ξ ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich der i -te Benutzer sich beim Pixel p befindet während er seinen j -ten Bericht sendet und sich dann zum Nachbarpixel q bewegt. Sind die Variablen ξ berechnet, so sind die neuen Übergangswahrscheinlichkeiten wie folgt definiert.

$$\begin{aligned}
u_{\theta,p}^{(k+1)} &= \frac{\sum_{i=1}^n \xi_{i,0}^{(k)}(\theta, p)}{\sum_{p' \in P} \sum_{i=1}^n \xi_{i,0}^{(k)}(\theta, p')} \\
&= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_{i,0}^{(k)}(\theta, p) \quad \text{for } p \in P
\end{aligned}$$

$$u_{p,q}^{(k+1)} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{l(r_i)} \xi_{i,j}^{(k)}(p, q)}{\sum_{q' \in P \cup \{\theta\}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{l(r_i)} \xi_{i,j}^{(k)}(p, q')} \quad \text{for } p \in P \text{ and } q \in P \cup \{\theta\}.$$

5

Es kann gezeigt werden, dass die neuen Übergangswahrscheinlichkeiten eine erhöhte Erwartung aufweisen. Durch Iteration der Berechnung der Zwischenvariablen und das Updaten von Übergangswahrscheinlichkeiten erhöht die Beobachtungswahrscheinlichkeiten. Es stellte sich heraus, dass 10 bis 50 Iterationen für eine angenäherte numerische Konvergenz üblicherweise ausreichen.

15 Die Zwischenvariablen ξ in der letzten Iteration können auch zur Berechnung der stationären Verteilung der Markov-Kette ohne Mehraufwand herangezogen werden. Die Wahrscheinlichkeit π_p dass ein bestimmter Kunde einen Bericht von Pixel p sendet, ergibt sich aus folgender Formel:

20

$$\pi_p^{\text{steady-state}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{l(r_i)} \sum_{q \in P \cup \{\theta\}} \xi_{i,j}(p, q)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{l(r_i)} \sum_{p' \in P} \sum_{q \in P \cup \{\theta\}} \xi_{i,j}(p', q)}.$$

Es kann nicht nur eine Wahrscheinlichkeit angegeben werden, mit der ein Kunde seinen Bericht von einem bestimmten Pixel aus sendet, sondern es können auch höchst wahrscheinliche Pfade eines Kunden bzw. eines oder mehrerer Mobilstationen ermittelt werden. Hierzu wird für einen Pfad p_1, \dots, p_k die Wahrscheinlichkeit, dass die Sequenz von Berichten m_1, \dots, m_k

25

für ein festgelegtes Störungs- und Kundenmodell also für festgelegte Beobachtungswahrscheinlichkeiten und Übergangswahrscheinlichkeiten maximiert wird. Das Problem besteht also darin, einen Pfad p_1, \dots, p_k zu finden, der die größte Wahrscheinlichkeit hat, das heißt den folgenden Wert maximiert:

$$H(p_1, p_2, \dots, p_k) = u_{p_0, p_1} \prod_{\substack{\text{path length } k \\ \text{reports } j}} f_{p_j}(m_j) u_{p_j, p_{j+1}}$$

mit $p_0 := p_{k+1} := \Theta := \text{off}$.

10 Dieses Problem kann mit dem in der Nachrichtentechnik an sich wohl bekannten Viterbi-Algorithmus gelöst werden. Dieser Algorithmus wird hier wie folgt angewendet:

Eine Initialisierung für eine gegebene Folge von Berichten
15 $r = (m_1, \dots, m_k)$ erfolgt durch Setzen von
 $\delta_k(p) = u_{p, \text{off}} f_p(m_k)$ für Pixel des Rasters. Dann erfolgt eine iterative Definition für $j = l(r) - 1, \dots$, und Pixel des Rasters.

$$\begin{aligned} \delta_j(p) &:= f_p(m_j) \max_{q \in P} \{u_{p,q} \delta_{j+1}(q)\} \\ \psi_j(p) &:= \arg \max_{q \in P} \{u_{p,q} \delta_{j+1}(q)\}. \end{aligned}$$

Der optimale Pfad p^*_1, \dots, p^*_k ergibt sich durch Rückverfolgung der besten jeweiligen Auswahl durch

$$\begin{aligned} p^*_1 &:= \arg \max_{p \in P} \{u_{\theta, p} \delta_1(p)\} \\ p^*_j &:= \psi_{j-1}(p^*_{j-1}) \quad \text{for } j = 2, \dots, l(r). \end{aligned}$$

Diese Informationen können genutzt werden, um die Qualität der Dienste durch eine Optimierung der Einstellung zu verbessern, Problemzonen und -ursachen zu erkennen und zu beseitigen, notwendige Erweiterungen der Hardware zu planen und, als

Fernziel, auf prekäre Lastsituationen in Echtzeit zu reagieren. Darüberhinaus können ortsabhängige Dienste für einzelne Kunden angeboten werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verkehrslokalisierung in einem zellulären Mobilfunknetz,
 - 5 - bei dem mindestens eine Mobilstation (MS), mindestens eine bedienende Basisstation (BS) und Nachbarbasisstationen (NS1, NS2) vorhanden sind,
 - mindestens eine Sequenz aufeinanderfolgender Berichte mit Empfangsstärken (RXLEV1.. RXLEV3) an dem mindestens
 - 10 einen Mobilteil und/oder an der bedienenden Basisstation an eine Recheneinheit (RE) gemeldet werden,
 - bei dem mindestens ein durch die mindestens eine Basisstation bedienter Bereich in einzelne Rasterzellen (PIX, p1, p2, p3) unterteilt wird,
 - 15 - bei dem mit Hilfe eines Störungsmodells für Rasterzellen aller relevanten Berichte Beobachtungswahrscheinlichkeiten (f) ermittelt werden und
 - bei dem Eingangs-, Ausgangs- und/oder Übergangswahrscheinlichkeiten für die Rasterzellen derart bestimmt
 - 20 werden, dass ein Erwartungswert für die mindestens eine Sequenz von aufeinanderfolgenden Berichten durch verändern der Eingangs-, Ausgangs- und/oder Übergangswahrscheinlichkeiten maximiert wird, wobei der zu maximierende Erwartungswert dadurch definiert ist,
 - 25 -- dass für eine Sequenz aufeinanderfolgender Berichte und für alle Pfade der selben Länge (k) das Produkt aus den Beobachtungswahrscheinlichkeiten (f) und den jeweiligen angenommenen Übergangswahrscheinlichkeiten (u) zwischen den Rasterzellen des Pfades gebildet wird,
 - 30 -- dass alle diese Produkte mit einer Eingangs- und Ausgangsübergangswahrscheinlichkeit (u01, uk0) für die erste bzw. letzte Rasterzelle des Pfades zu einem ersten Gesamtprodukt multipliziert werden,
 - 35 -- dass die ersten Gesamtprodukte für alle Sequenzen von aufeinanderfolgenden Berichten miteinander zu einem zweiten Gesamtprodukt multipliziert werden und

-- dass die zweiten Gesamtprodukte für alle möglichen Pfade zum jeweiligen Erwartungswert aufsummiert werden.

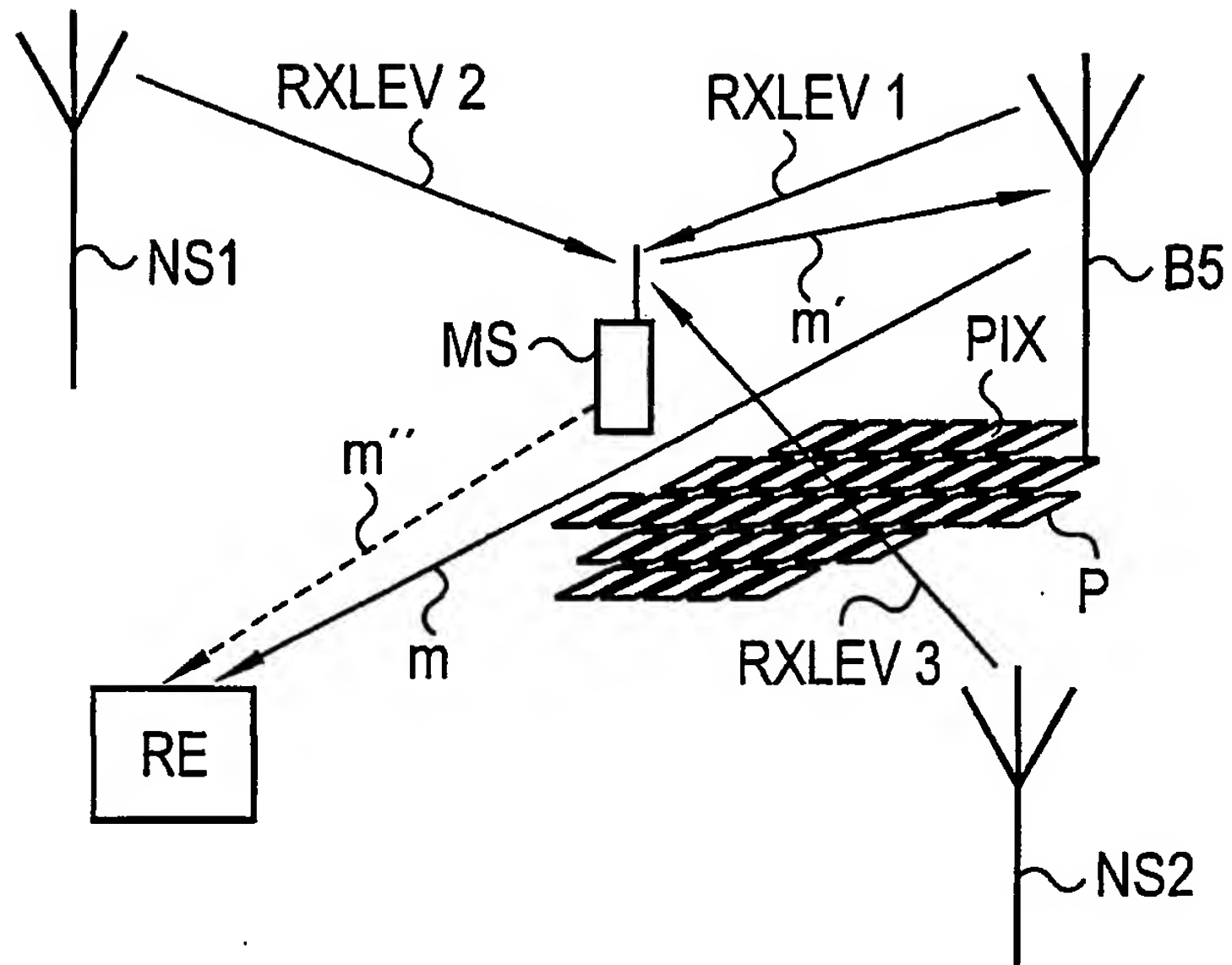
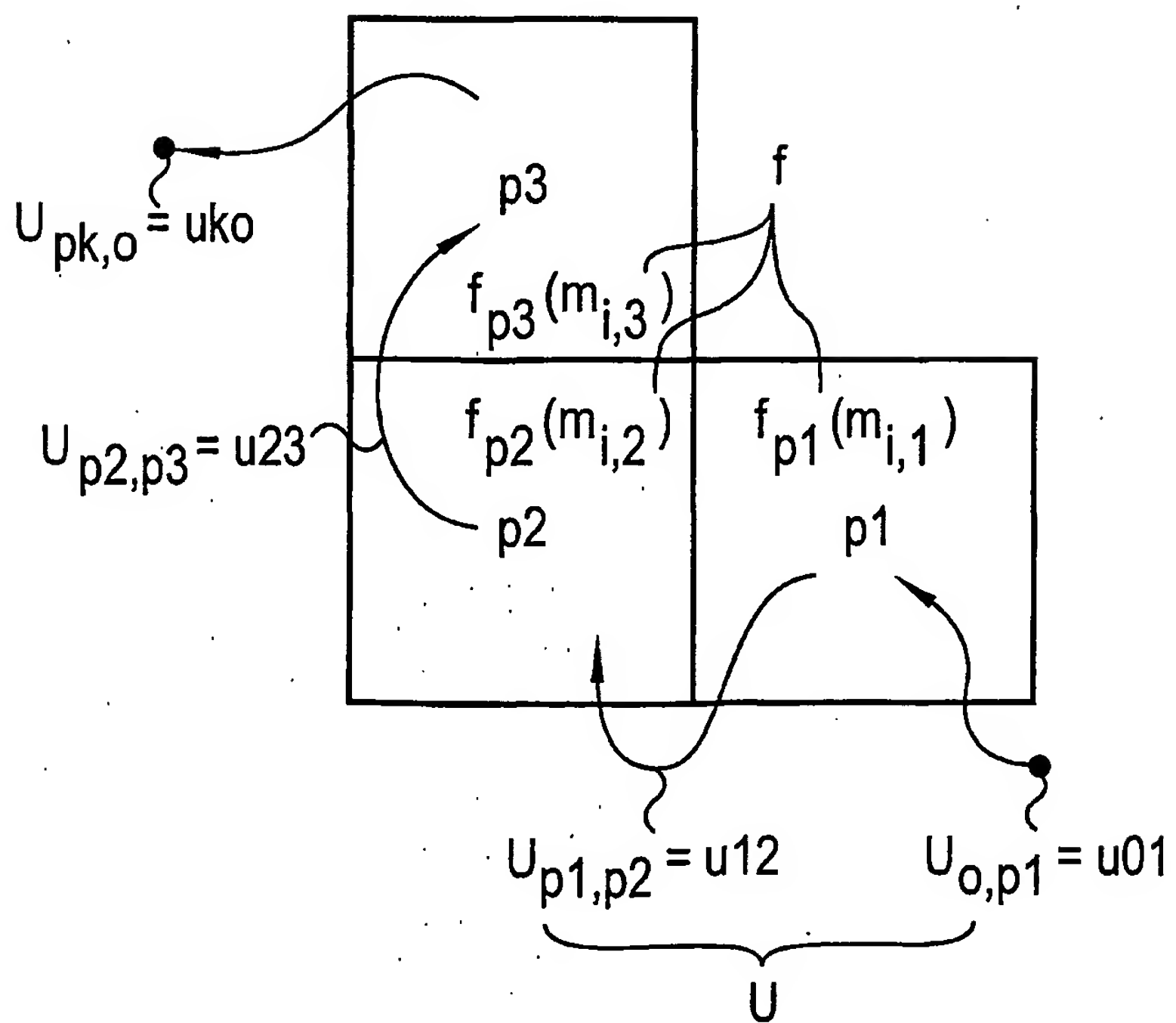
2. Verfahren nach Anspruch 1,
 5 bei dem der Erwartungswert für die Berichte nach einer Variante des Baum-Welch-Algorithmus maximiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
 10 bei dem die Verkehrsverteilung (π) aus Zwischenwerten des Baum-Welch-Algorithmus errechnet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
 15 bei dem die Verkehrsverteilung (π) und/oder für Rasterpunkte die ungefähre Geschwindigkeitsverteilung aus den Eingangs-, Ausgangs- und Übergangswahrscheinlichkeiten (u) errechnet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
 20 bei dem aus einer jeweiligen Distanz und der Zeit zwischen den Rasterelementen zweier aufeinanderfolgender Berichte eine jeweilige ungefähre Geschwindigkeit der Mobilstation errechnet wird.
6. Verfahren zur Verkehrslokalisierung in einem zellulären
 25 Mobilfunknetz,
 - bei dem mindestens eine Mobilstation (MS), mindestens eine bedienende Basisstation (BS) und Nachbarbasisstationen (NS1, NS2) vorhanden sind,
 - mindestens eine Sequenz aufeinanderfolgender Berichte
 30 mit Empfangsstärken (RXLEV1.. RXLEV3) an der mindestens einen Mobilstation und/oder an der bedienenden Basisstation an eine Recheneinheit (RE) gemeldet werden,
 - bei dem mindestens ein durch die mindestens eine Basisstation bedienter Bereich in einzelne Rasterzellen (PIX,
 35 p1, p2, p3) unterteilt wird,

- bei dem für alle für einen jeweiligen Bericht relevanten Rasterzellen Beobachtungswahrscheinlichkeiten (f) vorhanden sind,
 - bei dem für alle für den jeweiligen Bericht relevanten Rasterzellen Eingangs-, Ausgangs- und Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Rasterzellen vorhanden sind und
 - bei dem ein größtwahrscheinlicher Pfad zu einer Sequenz aufeinanderfolgender Berichte dadurch gefunden wird, dass eine Gesamtwahrscheinlichkeit durch Verändern der Pfade maximiert wird, wobei die zu maximierende Gesamtwahrscheinlichkeit eines Pfades dadurch definiert ist,
 - dass für alle aufeinanderfolgenden Berichte und für alle Pfade der selben Länge (k) das Produkt aus den Beobachtungswahrscheinlichkeiten (f) und den jeweiligen angenommenen Übergangswahrscheinlichkeiten (u) zwischen den Rasterzellen des Pfades gebildet wird und
 - dass alle diese Produkte zur Bildung der Gesamtwahrscheinlichkeit mit einer Eingangs- und Ausgangsübergangswahrscheinlichkeit (u_{01} , u_{k0}) für die erste bzw. letzte Rasterzelle des Pfades multipliziert werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
bei dem der größtwahrscheinlichen Pfad einer Sequenz von aufeinanderfolgenden Berichten der mindestens einen Mobilstation durch eine Variante des Viterbi-Algorithmus gebildet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7,
bei dem für einzelne oder mindestens eine Gruppe von Sequenzen von aufeinanderfolgenden Berichten und Mobilstationen über eine bestimmte Zeitdauer größtwahrscheinliche Pfade der jeweiligen Sequenz und Mobilstation getrennt erfasst werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 bei dem mit Hilfe eines Störungsmodells für eine jeweilige
 5 in Frage kommende Rasterzelle eine Beobachtungswahrschein-
 lichkeit (f) derart ermittelt wird,
 -- dass Differenzen von gemessenen Empfangsstärken und
 vorhergesagten Empfangsstärken für eine jeweilige Raster-
 zelle zu einem Vektor (x) zusammengefasst werden,
 10 -- dass das Inverse einer Kovarianzmatrix, die die typi-
 schen zweiten Momente des Vektors (x) an der jeweiligen
 Rasterzelle charakterisiert, von links mit dem transpo-
 nierten und rechts mit dem Vektor selbst sowie mit dem
 Faktor $-1/2$ multipliziert wird,
 15 -- dass für das so erhaltene Produkt der zugehörige Wert
 einer Exponentialfunktion berechnet und dieses Ergebnis
 anschließend durch eine Konstante normalisiert wird.
10. Vorrichtung zur Verkehrslokalisierung in einem zellulä-
 20 ren Mobilfunknetz,
 - bei dem mindestens eine Mobilstation (MS), mindestens
 eine bedienende Basisstation (BS) und Nachbarbasisstatio-
 nen (NS1, NS2) vorhanden,
 - mindestens eine Sequenz aufeinanderfolgender Berichte
 25 mit Empfangsstärken (RXLEV1.. RXLEV3) an der mindestens
 einen Mobilstation und/oder an der bedienenden Basisstati-
 on an eine Recheneinheit (RE) gemeldet werden,
 - bei der mindestens ein durch die mindestens eine Basis-
 station bedienter Bereich vorhanden ist, der in einzelne
 30 Rasterzellen (PIX, p1, p2, p3) unterteilt ist,
 - bei dem ein Störungsmodells vorhanden ist, das für alle
 Rasterzellen relevanter Berichte Beobachtungswahrschein-
 lichkeiten (f) ermittelt, und
 - bei der ein Mittel zur Bestimmung von Eingangs-, Aus-
 35 gangs- und/oder Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen
 den Rasterzellen derart vorhanden ist, dass ein Erwar-

- tungswert" für die Berichte der mindestens einen Mobilstation (MS) durch Verändern der Eingangs-, Ausgangs- und/oder Übergangswahrscheinlichkeiten maximiert wird, wobei der jeweils zu maximierender Erwartungswert dadurch definiert ist,
- dass für eine Sequenz aufeinanderfolgenden Berichte und für alle Pfade der selben Länge (k) das Produkt aus den Beobachtungswahrscheinlichkeiten (f) und den jeweiligen angenommenen Übergangswahrscheinlichkeiten (u) zwischen den Rasterzellen des Pfades gebildet wird,
- dass alle diese Produkte mit einer Eingangs- und Ausgangsübergangswahrscheinlichkeit (u01, uk0) für die erste bzw. letzte Rasterzelle des Pfades zu einem ersten Gesamtprodukt multipliziert werden,
- dass die ersten Gesamtprodukte für alle Sequenzen von aufeinanderfolgenden Berichten miteinander zu einem zweiten Gesamtprodukt multipliziert werden und
- dass die zweiten Gesamtprodukte für alle möglichen Pfade zum jeweiligen Erwartungswert aufsummiert werden.
11. Vorrichtung zur Verkehrslokalisierung in einem zellulären Mobilfunknetz,
- bei der mindestens eine Mobilstation (MS), eine bedienende Basisstation (BS) und mindestens eine Nachbarbasisstation (NS1, NS2) vorhanden sind,
 - mindestens eine Sequenz aufeinanderfolgender Berichte mit Empfangsstärken (RXLEV1.. RXLEV3) an der mindestens einen Mobilstation und/oder an der bedienenden Basisstation an eine Recheneinheit (RE) gemeldet werden,
 - bei der mindestens ein durch die mindestens eine Basisstation bedienter Bereich vorhanden ist, der in einzelne Rasterzellen (PIX, p1, p2, p3) unterteilt ist,
 - bei der für alle für einen jeweiligen Bericht relevanten Rasterzellen Beobachtungswahrscheinlichkeiten (f) vorhanden sind,

- bei dem für alle für den jeweiligen Bericht relevanten Rasterzellen Eingangs-, Ausgangs- und Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Rasterzellen vorhanden sind und
- 5 - bei dem ein Mittel zum Finden eines größtwahrscheinlichen Pfades der mindestens einen Mobilstation vorhanden ist, das den jeweiligen größtwahrscheinlichen Pfad dadurch findet, dass eine Gesamtwahrscheinlichkeit durch Verändern der Pfade maximiert wird, wobei
- 10 die jeweils zu maximierende Gesamtwahrscheinlichkeit dadurch definiert ist,
 - dass für alle aufeinanderfolgenden Berichte und für alle Pfade der selben Länge (k) das Produkt aus den Beobachtungswahrscheinlichkeiten (f) und den jeweiligen angenommenen Übergangswahrscheinlichkeiten (u) zwischen den
 - 15 Rasterzellen des Pfades gebildet wird und
 - dass alle diese Produkt zur Bildung der Gesamtwahrscheinlichkeit mit einer Eingangs- und Ausgangsübergangswahrscheinlichkeit (u_{01} , u_{k0}) für die erste bzw. letzte
 - 20 Rasterzelle des Pfades multipliziert werden.

FIG 1**FIG 2**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern	Application No
PCT, NL	01/04254

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04Q7/38 G01S5/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04Q G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JUNIUS M ET AL: "New methods for processing GSM radio measurement data: applications for locating, handover, and network management" VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, 1994 IEEE 44TH STOCKHOLM, SWEDEN 8-10 JUNE 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, 8 June 1994 (1994-06-08), pages 338-342, XP010123099 ISBN: 0-7803-1927-3 abstract page 340, right-hand column, line 20 -page 341, right-hand column, line 20 ---	1-11
A	DE 199 34 845 A (STILLER JAN CHRISTOPHER ;RADONS GUENTER (DE)) 16 March 2000 (2000-03-16) the whole document --- -/--	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 February 2002

Date of mailing of the international search report

28/03/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rabe, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern	Application No
PCT/DE	01/04254

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 026 304 A (HILSEN RATH OLIVER ET AL) 15 February 2000 (2000-02-15) abstract column 8; line 41 -column 10, line 54 ---	1,6,10, 11
A	WO 98 23115 A (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY ;KALEV JORDAN (FI)) 28 May 1998 (1998-05-28) abstract page 1, line 6 - line 26 figure 1 ---	1,6,10, 11
A	WO 98 15149 A (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY ;LEPPAENEN RISTO (FI); LAIHO STEFFENS) 9 April 1998 (1998-04-09) cited in the application the whole document -----	1,6,10, 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter: Application No
PCT/DE 01/04254

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19934845	A	16-03-2000	DE 19934845 A1	16-03-2000
US 6026304	A	15-02-2000	US 6108557 A	22-08-2000
			US 6101390 A	08-08-2000
			US 6112095 A	29-08-2000
			US 6064339 A	16-05-2000
			US 6249680 B1	19-06-2001
			US 6232918 B1	15-05-2001
			US 6084546 A	04-07-2000
WO 9823115	A	28-05-1998	WO 9823115 A1	28-05-1998
			AU 726718 B2	16-11-2000
			AU 7693596 A	10-06-1998
			EP 0943216 A1	22-09-1999
			JP 2001508245 T	19-06-2001
			NO 992293 A	18-05-1999
			US 6308071 B1	23-10-2001
WO 9815149	A	09-04-1998	FI 963974 A	04-04-1998
			AU 4462397 A	24-04-1998
			WO 9815149 A1	09-04-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern Aktenzeichen

PCT/DE 01/04254

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04Q7/38 G01S5/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04Q G01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JUNIUS M ET AL: "New methods for processing GSM radio measurement data: applications for locating, handover, and network management" VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, 1994 IEEE 44TH STOCKHOLM, SWEDEN 8-10 JUNE 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, 8. Juni 1994 (1994-06-08), Seiten 338-342, XP010123099 ISBN: 0-7803-1927-3 Zusammenfassung Seite 340, rechte Spalte, Zeile 20 -Seite 341, rechte Spalte, Zeile 20 ---	1-11
A	DE 199 34 845 A (STILLER JAN CHRISTOPHER ;RADONS GUENTER (DE)) 16. März 2000 (2000-03-16) das ganze Dokument ---	1-11
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Februar 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/03/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Rabe, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 01/04254

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 026 304 A (HILSEN RATH OLIVER ET AL) 15. Februar 2000 (2000-02-15) Zusammenfassung Spalte 8, Zeile 41 - Spalte 10, Zeile 54 ---	1,6,10, 11
A	WO 98 23115 A (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY ;KALEV JORDAN (FI)) 28. Mai 1998 (1998-05-28) Zusammenfassung Seite 1, Zeile 6 - Zeile 26 Abbildung 1 ---	1,6,10, 11
A	WO 98 15149 A (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY ;LEPPAENEN RISTO (FI); LAIHO STEFFENS) 9. April 1998 (1998-04-09) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1,6,10, 11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 01/04254

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19934845 A	16-03-2000	DE 19934845 A1	16-03-2000
US 6026304 A	15-02-2000	US 6108557 A	22-08-2000
		US 6101390 A	08-08-2000
		US 6112095 A	29-08-2000
		US 6064339 A	16-05-2000
		US 6249680 B1	19-06-2001
		US 6232918 B1	15-05-2001
		US 6084546 A	04-07-2000
WO 9823115 A	28-05-1998	WO 9823115 A1	28-05-1998
		AU 726718 B2	16-11-2000
		AU 7693596 A	10-06-1998
		EP 0943216 A1	22-09-1999
		JP 2001508245 T	19-06-2001
		NO 992293 A	18-05-1999
		US 6308071 B1	23-10-2001
WO 9815149 A	09-04-1998	FI 963974 A	04-04-1998
		AU 4462397 A	24-04-1998
		WO 9815149 A1	09-04-1998